



21 Aktenzeichen: 199 22 981.3
22 Anmeldetag: 19. 5. 1999
43 Offenlegungstag: 30. 11. 2000

71 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

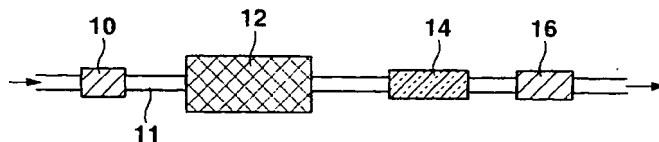
72 Erfinder:
Stahl, Roland, 71691 Freiberg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zur Kontrolle der Funktionstüchtigkeit eines NO_x-Speicherkatalysators

57 Es wird ein Verfahren zur Kontrolle der Funktionstüchtigkeit eines NO_x-Speicherkatalysators vorgeschlagen. Bei einem mager eingestellten Verbrennungsgemisch speichert der Katalysator in einer Speicherphase im Abgas vorhandenes NO_x und in einer sich anschließenden Regenerationsphase wird das gespeicherte NO_x mittels eines fetten Abgasgemisches umgesetzt. Zur Kontrolle der Funktionstüchtigkeit wird die Speicherfähigkeit und/oder die katalytische Aktivität des NO_x-Speicherkatalysators herangezogen. Als Maß für die Speicherkapazität wird die Dauer der Speicherphase und/oder der Regenerationsphase herangezogen, wobei die Dauer der Speicherphase mittels einer Messung der NO_x-Konzentration im Abgas hinter dem NO_x-Speicherkatalysator und die Regenerationsphase mittels eines Vergleichs der Lambda-Werte vor und hinter dem NO_x-Speicherkatalysator bestimmt wird. Eine Abschätzung der katalytischen Eigenschaften des Katalysators kann zum einen über eine Messung der Sauerstoffkonzentration vor und nach dem NO_x-Speicherkatalysator mittels zweier Sauerstoffsonden während der Regenerationsphase erfolgen oder über die Bestimmung der NO_x-Konzentration in den Verbrennungsabgasen während der Regenerationsphase durch einen NO_x-sensitiven Gassensor.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kontrolle der Funktionstüchtigkeit eines NO_x -Speicherkatalysators nach dem Oberbegriff der unabhängigen Ansprüche.

Stand der Technik

Im Zuge der Kraftstoffeinsparung werden heute Verbrennungsmotoren bevorzugt mit einem mageren Verbrennungsgemisch betrieben. Dies führt dazu, daß im Abgaskatalysator die Stickoxide NO_x nicht mehr vollständig abreagieren können, da die dazu benötigten reduzierenden Komponenten nicht mehr in ausreichendem Umfang vorliegen. Aufgrund dieser Tatsache kommen sogenannte NO_x -Speicherkatalysatoren zum Einsatz, die in der Lage sind, überschüssiges NO_x zu speichern. Dies setzt aber voraus, daß von Zeit zu Zeit der Katalysator regeneriert wird, sobald die Speicherkapazität des NO_x -Speicherkatalysators erschöpft ist. Dazu wird das Verbrennungsgemisch in einer Regenerationsphase kurzzeitig fett eingestellt, bis das gespeicherte NO_x vollständig umgesetzt wurde und eine erneute Speicherphase eingeleitet werden kann. Um diese Fett-/Magersteuerung erfolgreich durchführen zu können, wird im Abgasstrom in Strömungsrichtung nach dem NO_x -Speicherkatalysator sowohl ein Gassensor zur Bestimmung von NO_x benötigt, der den am Ende der Speicherphase auftretenden Anstieg der NO_x -Konzentration detektiert, als auch ein Gassensor zur Bestimmung der Sauerstoffkonzentration, der das am Ende der Regenerationsphase aus dem Katalysator austretende fette Verbrennungsabgas mit sehr geringem Sauerstoffgehalt analysiert.

Als NO_x -Gassensor kann ein elektrochemischer Gassensor verwendet werden, wie er beispielsweise in der DE-Anmeldung 199 12 102.8 beschrieben wird. Er beinhaltet zwei Meßgasräume mit jeweils einer Pumpzelle in verschiedenen Schichtebenen eines planaren, sauerstoffionenleitenden keramischen Trägers. Beide Pumpzellen bestehen aus je zwei auf einem Festelektrolyten aufgebrachten Elektroden. Das Meßgas strömt über eine erste Diffusionsöffnung in den ersten Meßgasraum ein, wo eine erste Pumpzelle einen konstant niedrigen Sauerstoffpartialdruck durch Hinein- oder Herauspumpen von Sauerstoff eingestellt. Mit Hilfe der elektrischen Spannung (elektromotorischen Kraft) einer ebenfalls im ersten Meßgasraum angeordneten Konzentrationszelle (Nernst-Zelle) wird über die Pumpspannung der Pumpzelle der Sauerstoffpartialdruck im ersten Meßgasraum eingeregelt. In einem zweiten Meßgasraum wird die Konzentration an NO_x im Meßgas bestimmt, indem an der Oberfläche einer zur zweiten Pumpzelle gehörenden Elektrode das im Meßgas enthaltene NO_x zersetzt und der dabei resultierende Sauerstoff zusammen mit dem noch im Meßgas verbliebenen Sauerstoff abgepumpt wird.

Um die Sauerstoffkonzentration im Abgasstrom zu bestimmen, wird eine Sauerstoffsonde, beispielsweise eine Breitband-Lambdasonde, benötigt. Ein derartiger Gassensor beinhaltet einen Meßgasraum in dem eine Pump- und eine Konzentrationszelle angeordnet sind. Beide Zellen bestehen aus je zwei auf einem Festelektrolyten aufgebrachten Elektroden. Das Meßgas strömt über eine Diffusionsöffnung in den Meßgasraum ein, in dem die Pumpzelle den Sauerstoffpartialdruck durch Hinein- oder Herauspumpen von Sauerstoff so einstellt, daß an den Elektroden der Konzentrationszelle eine vorbestimmte Spannung anliegt. Als ein der Sauerstoffkonzentration proportionales Meßsignal wird der an der Pumpzelle anliegende Pumpstrom, der zur Aufrechterhaltung der vorbestimmten Spannung an der Konzentrationszelle benötigt wird, herangezogen. Die im Meßgasraum

des Gassensors angeordneten inneren Elektroden sind katalytisch aktiv, so daß sich im zu messenden Abgas an den entsprechenden Elektrodenoberflächen ein thermodynamisches Gleichgewicht der Abgaskomponenten einstellt.

Die Güte der mittels des NO_x -Speicherkatalysators vorgenommenen Abgasreinigung ist wesentlich durch dessen Speicherkapazität und katalytische Aktivität geprägt. Beides geht aber bedingt durch die Alterung des Katalysators im Laufe der Zeit verloren. Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Kontrolle der Funktionstüchtigkeit eines NO_x -Speicherkatalysators zu entwickeln.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen der unabhängigen Ansprüche hat den Vorteil, daß es mittels einer ersten Sauerstoffsonde, die sich in Strömungsrichtung des Abgasstromes vor einem NO_x -Speicherkatalysator befindet, eines NO_x -sensitiven Gassensors und einer weiteren Sauerstoffsonde, die in Strömungsrichtung nach dem Katalysator angeordnet sind, eine Kontrolle sowohl der Speicherkapazität als auch der katalytischen Aktivität des NO_x -Speicherkatalysators gestattet. Besonders vorteilhaft ist, daß das Verfahren auf Gassensoren zurückgreift, die teilweise bereits zur Regelung des NO_x -Speicherkatalysators benötigt werden und daß es auf der Bestimmung der Dauer von Speicher- und Regenerationsphase des NO_x -Speicherkatalysators beruht und dadurch meß- und steuerungstechnisch besonders einfach zu handhaben ist.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen des in den Hauptansprüchen angegebenen Verfahrens möglich. So kann der in Strömungsrichtung nach dem NO_x -Speicherkatalysator angeordnete NO_x -sensitive Gassensor und die ebenfalls nach dem NO_x -Speicherkatalysator angeordnete Sauerstoffsonde in einer Meßsonde zusammengefaßt werden. Dies erübrigt den Einbau zweier separater Gassonden und stellt eine wesentliche Kostenersparnis dar.

Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der dem erfindungsgemäßen Verfahren zugrundeliegenden Meßanordnung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Die Figur zeigt eine Skizze der zur Kontrolle der Funktionstüchtigkeit des NO_x -Speicherkatalysators benötigten Komponenten.

Ausführungsbeispiele

Der prinzipielle Aufbau einer dem Verfahren zugrundeliegenden Meßanordnung wird im folgenden beschrieben. Das in einem Abgasstrang **11** entlang geführte Abgas eines Verbrennungsmotors unterliegt zunächst einer Bestimmung der Sauerstoffkonzentration mit Hilfe einer ersten Sauerstoffsonde **10**, beispielsweise einer Lambdasonde, bevor es in einen NO_x -Speicherkatalysator **12** gelangt. Danach wird die Konzentration an NO_x mittels eines NO_x -sensitiven Gassensors **14** bestimmt und anschließend erneut die Sauerstoffkonzentration mit Hilfe einer weiteren Sauerstoffsonde **16**. Als NO_x -Gassensor **14** kann beispielsweise ein elektrochemischer Gassensor, wie in der DE-Anmeldung 199 12 102.8 beschrieben, verwendet werden. Als weitere Sauerstoffsonde **16** wird ein Sensor eingesetzt, dessen eine innere Elektrode die Einstellung des thermodynamischen Gleichgewichts der Abgaskomponenten nicht zu katalysieren vermag. Eine derartige Elektrode besteht beispielsweise aus Gold oder einer Gold/Platin-Legierung. Es ist aber auch

möglich, den NO_x -sensitiven Gassensor **14** und die weitere Sauerstoffsonde **16** in einem Sensorelement zusammenzufassen.

Zur Kontrolle der Funktionstüchtigkeit eines NO_x -Speicherkatalysators wird dessen Speicherfähigkeit und/oder dessen katalytische Aktivität herangezogen.

Betriebsweise zur Kontrolle der Speicherkapazität des NO_x -Speicherkatalysators

Unter der Speicherkapazität eines NO_x -Speicherkatalysators versteht man die Menge an Stickoxiden NO_x , die pro Volumeneinheit des Katalysators gespeichert werden kann.

Wird ein Verbrennungsmotor mit einem mageren Verbrennungsgemisch betrieben, entsteht am Abgaskatalysator ein Überschuß an nicht umgesetzten Stickoxiden NO_x . Diese werden im Falle des NO_x -Speicherkatalysators **12** zwischengespeichert und erst in einer mit fettem Verbrennungsgemisch betriebenen Regenerationsphase umgesetzt.

Wenn die Speicherkapazität des Speicherkatalysators **12** nachläßt, nimmt auch die mittlere Dauer der Speicherphasen bei gleichbleibender NO_x -Menge im Abgas ab. Bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird mit Hilfe der Dauer der Speicherphase, also dem Zeitraum zwischen der Einleitung der Speicherphase und einem Anstieg der NO_x -Konzentration im Abgas nach dem Katalysator, eine Aussage über die Speicherkapazität des NO_x -Speicherkatalysators **12** getroffen. Eine abnehmende Speicherkapazität kann beispielsweise bei Unterschreiten einer gewissen Minstdauer der Speicherphase mittels eines Fehlersignals angezeigt werden.

Bei abnehmender Speicherkapazität des Katalysators verringert sich auch die absolute Menge an im NO_x -Speicherkatalysator **12** gespeichertem NO_x . Da die Dauer einer sich an eine Speicherphase anschließenden Regenerationsphase im wesentlichen von der Menge an umzusetzenden Stickoxiden abhängt, verkürzt sich bei abnehmender Speicherfähigkeit des Katalysators **12** auch die Dauer der Regenerationsphase. Zur Kontrolle der Speicherfähigkeit eines NO_x -Speicherkatalysators kann also die Dauer der Speicherphase und/oder der Regenerationsphase herangezogen werden.

Eine weitere Methode zur Bestimmung der Speicherkapazität eines NO_x -Speicherkatalysators besteht in einem direkten Vergleich der Sauerstoffkonzentrationen vor und nach dem NO_x -Speicherkatalysator **12** während der Regenerationsphase. Da dieser Vergleich eine Bestimmung jener Menge an Fettgaskomponenten im Abgas erlaubt, die zur Umsetzung des im Speicherkatalysator **12** gespeicherten NO_x benötigt werden, stellt die Integration der Konzentration an verbrauchten Fettgasbestandteilen über der Zeit eine weitere Methode zur Bestimmung der Menge des während der Speicherphase gespeicherten NO_x und damit der Speicherkapazität des NO_x -Speicherkatalysators **12** dar.

Betriebsweise zur Kontrolle der katalytischen Aktivität des NO_x -Speicherkatalysators

Unter der katalytischen Aktivität eines NO_x -Speicherkatalysators versteht man die Fähigkeit, gespeichertes NO_x mit Hilfe von in der Regenerationsphase vorhandenen Fettgaskomponenten an seiner Oberfläche in minder schädliche Verbindungen umzusetzen.

Ist die Speicherfähigkeit des NO_x -Speicherkatalysators **12** am Ende einer Speicherphase erschöpft, so wird dem NO_x -Speicherkatalysator **12** zwar ein fettes Abgasgemisch mit einem Lambda-Wert < 1 zugeführt, aufgrund der im Speicherkatalysator ablaufenden NO_x -Reduktion verläßt das Abgas den Katalysator aber mit einem Lambda-Wert

von ≈ 1 . Sobald das im Speicherkatalysator **12** gespeicherte NO_x vollständig umgesetzt wurde, sinkt der Lambda-Wert auch im Abgas nach dem Katalysator ab. Diese Entwicklung wird mit Hilfe einer vor und einer nach dem Speicherkatalysator **12** angeordneten Sauerstoffsonde **10**, **16** verfolgt. Zu Beginn der Regenerationsphase ist eine deutliche Differenz der von den beiden Sauerstoffsonden **10**, **16** bestimmten Lambda-Werte festzustellen. Am Ende der Regenerationsphase durchströmt das Abgas den Speicherkatalysator **12** mit unveränderter Zusammensetzung und beide Lambda-Werte gleichen sich an.

Bei mangelnder katalytischer Aktivität des Speicherkatalysators **12** bezüglich der NO_x -Reduktion werden während der Regenerationsphase die gespeicherten Stickoxide nicht in ausreichendem Umfang umgesetzt und verlassen zusammen mit dem fetten Abgasgemisch den Katalysator. Diese ungenügende katalytische Wirkung ist bei Anordnung einer üblichen Lambdasonde im Abgasstrom nach dem Speicherkatalysator nicht zu detektieren, da die katalytische Aktivität der in den Lambdasonden verwendeten Elektroden zu einer Gleichgewichtseinstellung zwischen NO_x und den im Abgas enthaltenen Fettgaskomponenten an der Elektrodenoberfläche führt. Dort findet also diejenige katalytische Reaktion nachträglich statt, zu der der Speicherkatalysator nicht mehr in der Lage ist. Dies führt zu einem Meßsignal, das einen katalytisch aktiven Katalysator vortäuscht. Werden in der in Strömungsrichtung nach dem NO_x -Speicherkatalysator angeordneten Sauerstoffsonde allerdings katalytisch inaktive Elektroden, wie oben beschrieben, oder ganz allgemein ein sogenannter Ungleichgewichtssensor verwendet, so zeigt diese Sauerstoffsonde im Falle eines funktionstüchtigen Katalysators während der Regenerationsphase einen Meßwert von ≈ 1 an, bei mangelnder katalytischer Aktivität allerdings von vornherein einen Lambda-Wert, der ungefähr dem entspricht, wie er von der in Strömungsrichtung vor dem Speicherkatalysator angeordneten ersten Sauerstoffsonde gemessen wird. Ein derartiger Sensor kann ein Sensor sein, der allgemein das Ungleichgewicht der Abgaskomponenten mißt oder auch die Konzentration einer oder mehrerer ungleichgewichtiger Gaskomponenten wie z. B. HC, CO oder NO_x .

Daraus ergibt sich, daß, wenn die Dauer der Regenerationsphase, also des Zeitraums zwischen der Einleitung der Regenerationsphase und dem Verschwinden der Differenz zwischen den beiden gemessenen Lambda-Werten, im Vergleich zur Speicherphase eine gewisse Minstdauer unterschreitet, auf eine mangelnde katalytische Aktivität des NO_x -Speicherkatalysators **12** geschlossen werden kann. Dies kann durch ein Fehlersignal angezeigt werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Überprüfung der katalytischen Aktivität eines NO_x -Speicherkatalysators besteht in der Bestimmung der NO_x -Konzentration im Abgas während der Regenerationsphase. Während der gesamten Regenerationsphase ist die Konzentration an Stickoxiden im Abgas sehr gering, dies gilt jedoch nur, wenn die katalytische Eigenschaft des Katalysators, das gespeicherte NO_x vollständig umzusetzen, auch gewährleistet ist. Wenn diese Voraussetzung nicht mehr gegeben ist, verläßt ein gewisser Anteil an Stickoxiden zusammen mit dem fetten Abgasgemisch den Katalysator und der NO_x -sensitive Gassensor **14** detektiert eine erhöhte Konzentration an NO_x .

Eine weitere vorteilhafte Ausführung der dem erfindungsgemäßen Verfahren zugrunde liegenden Anordnung besteht darin, den in Strömungsrichtung nach dem NO_x -Speicherkatalysator **12** angeordneten NO_x -sensitiven Gassensor **14** und die ebenfalls nach dem NO_x -Speicherkatalysator angeordnete Sauerstoffsonde **16** mit katalytisch inaktiver Elektrodenoberflächen in einer Meßsonde zusammenzufassen.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind nicht nur die im Ausführungsbeispiel genannten und beschriebenen Gassensoren geeignet. Es sind auch weitere Ausgestaltungen der Meßanordnung denkbar, die die beschriebene Kontrolle der Funktionstüchtigkeit eines NO_x -Speicher- 5
katalysators ermöglichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kontrolle der Funktionstüchtigkeit eines NO_x -Speicher- 10
katalysators, bei dem mit Hilfe mindestens eines elektrochemischen Gassensors dessen Speicherkapazität ermittelt wird, wobei der NO_x -Speicher-
katalysator bei einem mager eingestellten Verbrennungsgemisch in einer Speicherphase NO_x speichert und bei einem fett eingestellten Verbrennungsgemisch in einer Regenerationsphase das gespeicherte NO_x umsetzt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Dauer der Speicherphase und/oder der Regenerationsphase ermittelt und als Maß für die Speicherfähigkeit des NO_x - 20
Speicher-
katalysators herangezogen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine mangelnde Speicherfähigkeit des NO_x -Speicher-
katalysators von einem NO_x -sensitiven Gassensor festgestellt wird, wenn die Speicherphase eine vorbestimmte zeitliche Dauer unterschreitet, wobei der NO_x -sensitive Gassensor in Strömungsrichtung nach dem NO_x -Speicher-
katalysator angeordnet ist. 25
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Dauer der Speicherphase der Zeitraum zwischen der Einleitung der Speicherphase und dem mittels des NO_x -sensitiven Gassensors bestimmten Anstieg der NO_x -Konzentration im Verbrennungsabgas über einen vorbestimmten Wert hinaus herangezogen wird. 30
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine mangelnde Speicherfähigkeit des NO_x -Speicher-
katalysators festgestellt wird, wenn die Regenerationsphase eine vorbestimmte zeitliche Dauer unterschreiten, wobei zur Bestimmung der Dauer der Regenerationsphase die Sauerstoffkonzentrationen vor und hinter dem NO_x -Speicher-
katalysator miteinander verglichen werden. 40
5. Verfahren zur Kontrolle der Funktionstüchtigkeit eines NO_x -Speicher-
katalysators, bei dem mit Hilfe mindestens zweier Sauerstoffsonden dessen katalytische Aktivität ermittelt wird, wobei der NO_x -Speicher-
katalysator bei einem mager eingestellten Verbrennungsgemisch in einer Speicherphase NO_x speichert und bei einem fett eingestellten Verbrennungsgemisch in einer Regenerationsphase das gespeicherte NO_x umsetzt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Dauer der Regenerationsphase von den mindestens zwei Sauerstoffsonden ermittelt und als Maß für die katalytische Aktivität des NO_x -Speicher-
katalysators herangezogen wird, wobei eine der beiden Sauerstoffsonden in Strömungsrichtung vor dem NO_x -Speicher-
katalysator angeordnet ist und die andere danach und wobei die nach dem NO_x -Speicher-
katalysator angeordnete Sauerstoffsonde mindestens eine katalytisch inaktive innere Elektrode aufweist. 50
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine mangelnde katalytische Aktivität des NO_x -Speicher-
katalysators festgestellt wird, wenn während der Regenerationsphase eine vorbestimmte Differenz der von den Sauerstoffsonden gemessenen Sauerstoffkonzentrationen nach einem im Vergleich zur Dauer der Speicherphase kurzen Zeitraum unterschrit- 60

ten wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Dauer der Regenerationsphase der Zeitraum zwischen der Einleitung der Regenerationsphase und dem Absinken der Differenz der von den Sauerstoffsonden gemessenen Sauerstoffkonzentrationen unter einen vorbestimmten Wert herangezogen wird.

8. Verfahren zur Kontrolle der Funktionstüchtigkeit eines NO_x -Speicher-
katalysators, bei dem mit Hilfe mindestens eines elektrochemischen Gassensors dessen katalytische Aktivität bestimmt wird, wobei der NO_x -Speicher-
katalysator bei einem mager eingestellten Verbrennungsgemisch in einer Speicherphase NO_x speichert und bei einem fett eingestellten Verbrennungsgemisch in einer Regenerationsphase das gespeicherte NO_x umsetzt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die NO_x -Konzentration im Verbrennungsabgas von einem in Strömungsrichtung nach dem NO_x -Speicher-
katalysator angeordneten NO_x -sensitiven Gassensor während der Regenerationsphase ermittelt und als Maß für die katalytische Aktivität des NO_x -Speicher-
katalysators herangezogen wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine mangelnde katalytische Aktivität des NO_x -Speicher-
katalysators festgestellt wird, wenn mittels des NO_x -sensitiven Gassensors während der Regenerationsphase eine NO_x -Konzentration ermittelt wird, die über einem vorbestimmten Wert liegt.

10. Verfahren nach Anspruch 1, 5 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß der NO_x -sensitive Gassensor und die in Strömungsrichtung nach dem NO_x -Speicher-
katalysator angeordnete Sauerstoffsonde in einem elektrochemischen Gassensor zusammengefaßt werden.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

